

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Ekološki i socio-ekonomski učinci invazivnih vrsta
mekušaca u slatkovodnim ekosustavima

Ecological and socio-economic impacts of invasive
mollusks in freshwater ecosystems

Sunčica Moslavac

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Science)

Mentor: doc. dr. sc. Jasna Lajtner

Zagreb, 2015.

Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	PORODICA DREISSENIDAE.....	3
2.1.	<i>Dreissena polymorpha</i>	3
2.1.1.	Ekološki učinci	3
2.1.2.	Učinci na navigacijsku opremu i plovila	7
2.1.3.	Učinci na privatnu imovinu.....	8
2.1.4.	Socio-ekonomski učinci.....	8
2.1.5.	Učinci na arheološka nalazišta pod vodom.....	9
2.2.	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	9
3.	PORODICA MYTILIDAE	11
3.1.	<i>Limnoperna fortunei</i>	11
3.1.1.	Ekološki učinci	11
3.1.2.	Učinci na industriju	12
4.	PORODICA CORBICULIDAE.....	13
4.1.	<i>Corbicula fluminea</i>	13
4.1.1.	Ekološki učinci	13
4.1.2.	Ekonomski učinci	14
5.	PORODICA AMPULLARIIDAE.....	15
5.1.	<i>Pomacea canaliculata</i> i <i>Pomacea insularum</i>	15
5.1.1.	Ekološki i poljoprivredni učinci	15
5.1.2.	Socio-ekonomski učinci.....	16
6.	PORODICA BITHYNIIDAE	18
6.1.	<i>Bithynia tentaculata</i>	18
6.1.1.	Ekološki učinci	18
6.1.2.	Socio-ekonomski učinci.....	19
7.	PORODICA HYDROBIIDAE.....	20
7.1.	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	20
7.1.1.	Ekološki učinci	20
7.1.2.	Socio-ekonomski učinci.....	21
8.	ZAKLJUČAK	22
9.	LITERATURA.....	23
10.	SAŽETAK	30
11.	SUMMARY	31

1. UVOD

Mekušci (Mollusca) su veliko i iznimno raznovrsno koljeno životinja koje broji oko 81000 vrsta (Bouchet, 2007). Ime su dobili prema latinskoj riječi *mollis*, što znači mekan, gibak, nježan, a odnosi se na mekano tijelo koje je unutar čvrste ljuske. Zajedno s kolutićavcima i člankonošcima pripadaju beskralješnjacima koji su u tijeku razvoja postigli viši stupanj organizacije. Prema građi tijela i rasporedu organa sistematski su raspoređeni u sedam razreda: Aplacophora (bezljušturaši), Polyplacophora (mnogoljušturaši), Monoplacophora (jednoljušturaši), Cephalopoda (glavonošci), Scaphopoda (koponošci), Gastropoda (puževi) i Bivalvia (školjkaši). Mekušci su prisutni u svim ekosustavima na zemlji te se mogu naći na raznolikim staništima: u moru, slatkim vodama i na kopnu. Hrane se mikroorganizmima, organskim detritusom, biljem, a mnogi su i veliki grabežljivci (Matonićkin i sur., 1999). Puževi (Gastropoda) su, s obzirom na broj vrsta, najveća skupina mekušaca. Široko su rasprostranjeni i može ih se naći na svim kontinentima osim Antarktike. Prilagođeni su životu u moru na svim dubinama, kao i plivanju. Također obitavaju u slatkim vodama te su jedina skupina mekušaca koja je uspjela osvojiti i kopno (Matonićkin i sur., 1999).

Školjkaši (Bivalvia) su također velika skupina mekušaca, čija veličina može varirati od jednog milimetra do više od jednog metra. Zbog dvodijelne ljuštore nazivaju se Bivalvia, zbog lisnatih škrga Lamellibranchiata, zbog sjekirastog stopala Pelecypoda, a zbog nedostatka glave Acephala (Marguš, 1998). Svi školjkaši vezani su za vodeni okoliš: većina živi u moru, a manji dio u slatkim vodama. Većina živi potpuno ukopana u meku podlogu dna ili provodi semisesilni ili sesilni način života na površini podloge (Habdija i sur., 2011). Osobito se ističu zbog iznimne sposobnosti filtriranja velike količine vode što izravno uzrokuje promjenu fizikalno-kemijskih svojstava vode. Preferiraju vode bogate fitoplanktonom i često se nalaze u priobalnim područjima gdje je velika primarna produkcija. Iako nastanjuju i slatke i slane vode veći značaj imaju u slatkovodnim ekosustavima (Strayer i sur., 1999). Brojne se vrste već stoljećima koriste u ljudskoj prehrani te imaju izraziti ekonomski i ekološki značaj.

Invazivna vrsta je neautohtona vrsta koja prirodno ne obitava u određenom ekosustavu, nego je u njega dospjela namjernim ili slučajnim unošenjem. Prema Zakonu o zaštiti prirode

(Narodne novine 80/13) invazivnom vrstom smatra se ona čije rasprostiranje negativno utječe na bioraznolikost, zdravlje ljudi ili čini ekonomsku štetu na području na koje je unesena (URL 1). Dakle, to su organizmi koji svoj invazivni karakter pokazuju širenjem velikom brzinom na novom području te u vrlo kratkom vremenu uspostavljaju stabilnu populaciju pri čemu uzrokuju značajne ekološke promjene i/ili ekonomske gubitke (Pyšek i Richardson, 2010). Značajke kojima se odlikuju su: brzo rasprostiranje, visoka stopa reprodukcije, veći broj reproduktivnih ciklusa tijekom godine, visok stupanj kompeticije za prirodne resurse, te sposobnost rasta i razvoja na različitim tipovima supstrata i u različitim ekološkim uvjetima (Platvoet i sur., 2009). Stabilnu populaciju uspostavljaju vrlo brzo jer su tijekom evolucijskog razvoja sve izražajnije postale karakteristike kao što su kratko generativno razdoblje, vrlo rano postizanje spolne zrelosti, visok stupanj fekunditeta, velika predatorska sposobnost, širok spektar prehrane te sposobnost tolerancije promjena različitih okolišnih uvjeta, primjerice povećanje ili smanjenje saliniteta, temperature i promjena kakvoće vode (Pigneur i sur., 2011). Invazivne strane vrste drugi su razlog ugroženosti biološke raznolikosti na globalnoj razini, nakon direktnog uništavanja staništa. Učinak invazivnih vrsta na ekosustave posljedica je povećane mobilnosti, bolje povezanosti među državama, ubrzanog rasta trgovine, transporta i migracija u dvadesetom stoljeću. Rasprostiru se na brojne načine, ali za njihovo uspješno širenje diljem svijeta je uvelike zaslužan čovjek. Učinak stranih vrsta očituje se na način da autohtonim vrstama oduzimaju stanište i hranjive tvari te na njih prenose bolesti. Vrlo su uspješni u potiskivanju, odnosno smanjenju njihove brojnosti (Platvoet i sur., 2009). Poznato je da dolazi i do hibridizacije autohtonih s unesenim vrstama, čime se također smanjuje bioraznolikost prostora. Smanjivanje učinka invazivnih na zavičajne vrste i cjelokupne ekosustave danas je jedan od najvećih izazova zaštite prirode u Europi. Invazivnu vrstu gotovo je nemoguće ukloniti iz staništa u koje se proširila pa je zbog toga važno rano otkriti potencijalno invazivne vrste u ekosustavu (URL 2).

2. PORODICA DREISSENIDAE

2.1. *Dreissena polymorpha*

2.1.1. Ekološki učinci

2.1.1.1. Učinci na autohtone školjkaše

Raznolika trokutnjača, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) diljem svijeta je poznata po svojim invazivnim karakteristikama (Hebert i sur., 1989; Nalepa i Schloesser, 1992). Naziv *polymorpha* dobila je zbog izrazito varijabilne ljuštare čiji oblik, boja i veličina ovise o supstratu, dubini vode i gustoći naslaga koje tvori. Ljuštura je trokutastog oblika s ravnom ventralnom površinom koja omogućuje bolje prijanjanje za supstrat, te zašiljenom dorzalnom površinom oblika šatora. Englesko ime vrste "zebra mussel" po kojemu je poznata u svijetu, dobila je zbog tamno smeđih i bijelih pruga koje mogu imati cik-cak raspored, ili biti ravne (Birnbaum, 2011) (Sl. 1.).



Slika 1. Vrsta *Dreissena polymorpha* (Izvor: U.S. Geological Survey)

Ono što je specifično za vrstu *D. polymorpha* je izlučivanje bisusnih niti koje joj omogućuju pričvršćivanje za podlogu (Lajtner i sur., 2004). Često se pričvršćuje za tijelo drugih organizama, primjerice školjkaša i puževa. Kolonizira jezera, rijeke i bočate vode. Ova se vrsta očituje izuzetnom tolerancijom na različite okolišne uvjete, dokazano je da može preživjeti izuzetno niske koncentracije kisika i razvila je posebne prilagodbe za preživljavanje niskih temperatura (Lajtner i sur., 2004). Birnbaum (2011) smatra da, za razliku od drugih invazivnih

školjkaša, *D. polymorpha* ne predstavlja prijetnju vodenim ekosustavima jer ima važnu ulogu u hranidbenom lancu, točnije služi kao hrana brojnim pticama.

Istraživanja koja se u Hrvatskoj provode od 1990. godine pokazuju kako se ova vrsta školjkaša iz rijeke Dunav proširila u rijeku Dravu. Pretpostavlja se da je u Hrvatsku došla tijekom osamdesetih godina 20. stoljeća, kada je pronađena u rijeci Dravi (Lajtner i sur., 2004). Osim što stvara velike probleme na hidroenergetskim postrojenjima, ugrožava autohtone populacije školjkaša (porodica Unionidae) kao i faunu dna općenito.

D. polymorpha nativna je u Ponto-kaspijskoj regiji, a invaziju kopnenih voda Europe je započela početkom 19. stoljeća povezivanjem brojnih riječnih tokova (Lajtner i sur., 2004; Birnbaum, 2011). Smatra se da je prvi put u Velika jezera unesena 1985. godine balastnim vodama iz istočne Europe i zapadne Rusije, i do 1990. godine stvorila guste populacije u jezeru St. Claire i jezeru Erie (Hebert i sur., 1991; Griffiths i sur., 1991). U oba jezera došlo je do značajne promjene u kvaliteti vode nakon što je unesena ova vrsta. Znatno je porasla gustoća fitoplanktona, a količina klorofila se smanjila uz istovremeni porast prozirnosti vode (Leach, 1993). Jedan od prvih učinaka vrste *D. polymorpha* bio je na autohtone vrste porodice Unionidae u Velikim jezerima (Nalepa i Gauvin, 1988). Naime, *D. polymorpha* sposobna je za koloniziranje tvrdih i mekih površina, uključujući dokove, čamce, stijene i plaže, te je tako kolonizirala sve vrste porodice Unionidae što je imalo brojne negativne posljedice (URL 3). Ugrožavanje autohtonih vrsta Unionidae također je zabilježeno i u drugim vodama u Sjevernoj Americi, uključujući porječja Illinois, Ohio, Mississippi i Missouri, rijeku Hudson i međusobno povezane rijeke Laurentinskih velikih jezera (Strayer i Smith, 1996). Unionidae nemaju adaptivne mehanizme za rješavanje učinaka te invazivne vrste. Infestacija ovom vrstom kod Unionidae narušava njihovu metaboličku aktivnost - hranjenje, disanje, izlučivanje, kretanje, i na takav način iscrpljuje rezerve energije, učinkovito ih izgladnjujući do ugibanja (Haag i sur., 1993; Baker i Hornbach, 1997). Gustoća populacije *D. polymorpha* koja je potrebna da bi došlo do izumiranja autohtonih Unionidae zavisi o veličini infestacijskih školjkaša. Schloesser i sur. (1996) zaključili su da Unionidae ugibaju kod infestacije s više od 100-200 jedinki *D. polymorpha*. Mackie (1991) je naveo nekoliko mehanizama ugibanja zbog *D. polymorpha* u jezeru St. Clair: jako velika infestacija zbog koje autohtoni školjkaši nisu u potpunosti mogli otvoriti svoje ljuštore i koja je ometala normalne metaboličke funkcije - hranjenje, rast, reprodukciju, disanje i izlučivanje; školjkaši su izgubili sposobnost da se štite od predatora,

parazita i bolesti; jedinke *D. polymorpha* su oduzele školjkašima hranu i kisik; infestacije rubova ljuštura izazvale su deformacije koje su u konačnici rezultirale ugibanjem školjkaša; težina školjkaša *D. polymorpha* bila je prevelika za Unionidae da bi se mogli uspraviti, poremećen im je balans i ravnoteža tijekom gibanja. Hebert i sur. (1991) pokazali su da težina jedinki *D. polymorpha* može prelaziti težinu Unionidae za 4 puta, ili čak 8,5 puta. Strayer i Smith (1996) smatraju da su Unionidae u rijeci Hudson ugroženi zbog kompeticije za hranu sa *D. polymorpha*. Haag i sur. (1993) pokazali su da su rezerve lipida infestiranih Unionidae bile 50 % niže nego kod onih koje nisu bile infestirane te pokazuju nižu glikogensku aktivnost infestiranih Unionidae nego kod onih koji nisu bili infestirane.

D. polymorpha također je uzrokovala ugibanje populacija mnogih drugih vrsta školjkaša u Velikim jezerima. Podaci iz rijeke Hudson pokazuju da je vrsta naškodila drugim školjkašima tako što je oštetila prehrambene resurse (fitoplankton) kroz filtriranje velikih količina vode (Caraco i sur., 1997). Ricciardi i sur. (1998) navode da su u jezerima i rijekama Sjeverne Amerike, gdje su gustoće populacija *D. polymorpha* veće od 300 jedinki/m², autohtone populacije školjkaša iskorijenjene u roku od četiri do osam godina od početka invazije. Usporedili su gubitke vrsta na raznim lokacijama prije i poslije invazije te ustanovili da je *D. polymorpha* deseterostruko ubrzala regionalne stope izumiranja slatkovodnih školjkaša. Predvidjeli su da će, ukoliko se trenutna situacija nastavi, regionalna stopa izumiranja za vrste ušća rijeke Mississippi biti 12 % po desetljeću i da će rezultirati izumiranjem preko 60 autohtonih školjkaša u ušću ove rijeke.

2.1.1.2. Učinci na bentos

Bentos je kompleksna zajednica organizama koji nastanjuju dno rijeka, jezera, bara, mora i oceana (Khan i sur., 2007), neovisno žive li na površini sedimenta ili u njemu (Cuomo i Zinn, 1995). Zajednice bentosa uključuju velik broj organizama, od bakterija do biljaka (fitobentos) i životinja (zoobentos) koji pripadaju različitim karikama hranidbenog lanca. Među najbrojnijim skupinama bentoskih organizama su mekušci, osobito puževi i školjkaši. Bentoski organizmi imaju važnu ulogu u vodenom ekosustavu jer djeluju na sediment, ali i na kemijski sastav vode dna, mijenjaju organski sastav sedimenta, kao i njegovu strukturu (Cuomo i Zinn, 1995).

Vrsta *D. polymorpha* izmijenila je strukturu i funkciju bentosa. Zbog njenog hranjenja došlo je do povećane prozirnosti vode, što je dovelo do povećanja biomase kao i širenja algi i makrofita, a samim time i do promjena u lokalnim životinjskim zajednicama. *Dreissena* je drastično izmijenila strukturu i gustoću makrobentosa u i oko staništa samih vrsta, tako što je lokalno promijenila i stope sedimentacije i fizičku strukturu supstrata.

2.1.1.3. Učinci na kvalitetu vode

Velike populacije *D. polymorpha* imaju vrlo veliku sposobnost bistrenja vode i generalno smanjenje razine fitoplanktona, što rezultira smanjenom razinom klorofila i ukupnog fosfora. Jedna od većih promjena u bistrini vode dogodila se u jezeru Erie unutar tri godine od invazije. Leach (1993) je utvrdio da je razina klorofila pala za 27-43 %, a prozirnost se povećala za 52-85 %. Također, analiziran je niz podataka o hranjivim tvarima i fitoplanktonu iz Oneida jezera, New York (Idrisi i sur., 2001) te se utvrdilo da je najuočljivija promjena bila povećana prozirnost vode, kao i ukupno smanjenje biovolumena algi i klorofila 'a'. Za razliku od drugih studija, primarna proizvodnja ovdje se nije smanjila. To je pripisano kompenzirajućem efektu povećane prozirnosti vode koja je omogućila dublje prodiranje svjetlosti. Također nisu primijećene bilo kakve promjene u koncentracijama ukupnog ili otopljenog fosfora.

2.1.1.4. Učinci na ribarstvo i biljni i životinjski svijet

Jezero Erie primjer je obraštanja ribolovnih alata, primjerice ribolovnih mreža koje ostaju u vodi dulje vrijeme. Akumulacije školjkaša su često toliko velike da mreže postanu beskorisne i teško ih je izvući iz vode (Mackie, 1991). *D. polymorpha* ima veliku sposobnost bioakumulacije i biomagnifikacije organskih i anorganskih kontaminanata što je rezultiralo reproduktivnim problemima i visokom smrtnošću embrija patki kao njihovih predatora. *D. polymorpha* i ribe iz porodice Gobiidae uključeni su u životni ciklus botulizma tipa E (*Clostridium botulinum*). Do glavnog izbijanja epidemije botulizma tipa E dolazi kod ptica koje se hrane ovim ribama na Velikim jezerima, i to posebno kod plijenora, patki, ronaca, gnjuraca i galebova (Mackie i Claudi, 2009). Na poluotoku Michigan 1998. godine došlo je do izbijanja botulizma tipa E kod plijenora

(*Gavia immer*). Na jezeru Huron uginulo je najmanje 700 plijenora, dok je na jezeru Erie nekoliko tisuća ptica, uključujući veliki broj gnjuraca, patki i tri vrste galebova, također stradalo zbog ove bolesti. Vjeruje se da su ptice jele ribe zaražene virusom (Mackie i Claudi, 2009). Gaygusuz i sur. (2007) pokazali su da su ribe iz porodice Gobiidae važan predator *D. polymorpha* i njihova grabežljivost utječe na populaciju školjkaša, osobito u ekosustavima gdje ih ima u izobilju. Spore *Clostridium botulinum* same po sebi su bezopasne i školjkaši ih mogu isfiltrirati van bez ikakvih posljedica. Bolest se razvija tek kada vegetativni oblik počne raste i replicirati se (za što je potrebna podloga bogata nutrijentima, potpuni nedostatak kisika i optimalna temperatura) te proizvoditi toksin koji ubija ptice i ribe. Smrt riba, guštera ili ptica koje imaju spore u svojim tijelima omogućit će proizvodnju toksina tijekom razgradnje njihovih lešina.

2.1.2. Učinci na navigacijsku opremu i plovila

Trupovi i motori brodova i čamaca obrašteni su s *Dreissena polymorpha* pa je umanjena njihova plovidbena učinkovitost (Sl. 2.). Navigacijska pomagala, kao što su ribarske plutače i markeri, imaju tako teške infestacije da tonu ispod površine. Također mogu biti pogođeni i sustavi hlađenja na plovilima (Claudi i Mackie, 1994).



Slika 2. Propeler broda s obraštajem školjkaša *Dreissena polymorpha*
(Izvor: National Park Service)

2.1.3. Učinci na privatnu imovinu

Guste nakupine praznih ljuštura školjkaša umanjuju rekreacijske i estetske vrijednosti plaža. Obrastanja odvoda i usisnih struktura cjevovoda (Sl. 3.) u vikendicama je postalo uobičajeno i prisililo je "vikendaše" da razviju strategije otvaranja i zatvaranja na godišnjoj razini. Preporučuje se održavanje i zaštita tri glavne komponente: usisne strukture (ventila), sustava za isporuku (cijevi i cjevovodi) i same vikendice (Mackie i Claudi, 2009).



Slika 3. Vodovodna cijev s obraštajem školjkaša *Dreissena polymorpha*
(Izvor: California Department of Fish and Game)

2.1.4. Socio-ekonomski učinci

O'Neill (1997) je izvjestio da su ukupni ekonomski učinci *D. polymorpha* za korisnike voda u SAD-u i Kanadi (samo Ontario i Quebec) od 1989. do 1995. godine iznosili približno 113 milijuna dolara samo za borbu s tom invazivnom vrstom. Pretpostavlja se da će troškovi nastaviti rasti identično sa širenjem *D. polymorpha* u SAD-u i da će za razdoblje od desetak godina iznositi oko pet milijardi dolara. Troškovi uključuju istraživanja, mehaničke popravke, planiranje, prevenciju, kemijsko i ne kemijsko djelovanje, izdatke za nove tehnologije i izgubljene prihode zbog zatvaranja postrojenja (Mackie i Claudi, 2009).

2.1.5. Učinci na arheološka nalazišta pod vodom

S pojavom vrsta *Dreissena polymorpha* i *D. bugensis* u Sjevernoj Americi, tisuće podvodnih arheoloških nalazišta izloženo je negativnim učincima zbog obraštanja ovim školjkašima (Binnie i sur., 2000). Učinci su raznovrsni i uključuju biološke, kemijske i fizikalne promjene koje mijenjaju stope raspadanja i propadanja u podvodnoj okolini. Neke lokacije, primjerice mjesta brodoloma, bile su pod vodom stotinama godina i njihovi konstrukcijski materijali, najčešće drvo i željezo, bili su već uvelike izmijenjeni i oslabljeni i prije kolonizacije školjkaša (Watzin i sur., 2001).

Obraštanje školjkaša komplicira arheološka istraživanja jer slojevi školjkaša skrivaju artefakte i strukturalne karakteristike te tako otežavaju praćenje, preglede, bilježenja i procjenu stanja. Uklanjanje školjkaša, kako bi se omogućilo izravno promatranje, dovodi do oštećenja krhke i već degradirane površine. Uklanjanje u svrhu jednokratnog arheološkog snimanja nije isplativo i ono bi bilo samo privremeno jer bi površina ubrzo, tijekom sljedećeg mrijesta ili kroz translokaciju školjkaša, postala ponovno prekrivena školjkašima. Traženje i identifikacija malih artefakata koji leže na dnu rijeke ili jezera može podjednako tako biti gotovo nemoguća na mjestima gdje je obraštaj školjkašima iznimno gust. Često se artefakti ne mogu razlikovati od prirodnih obilježja poput kamenja, grana drveća i drugih materijala koji su također prekriveni školjkašima (Mackie i Claudi, 2009). Pored ovih nepovoljnih karakteristika, pozitivan rezultat toga što su školjkaši okupirali arheološka nalazišta je drastično poboljšanje u podvodnoj vidljivosti koja se javlja od kasnih 1980-ih, što je poboljšalo fotografska i video snimanja (Binnie i sur., 2000).

2.2. *Mytilopsis leucophaeata*

Mytilopsis leucophaeata (Conrad, 1831) je invazivna vrsta školjkaša koja svojim izgledom nalikuje na *D. polymorpha* (Sl. 4.). Izvorno stanište joj je Meksički zaljev i dio atlantske obale Sjeverne Amerike. Balastnim vodama proširila se u Europu i na druge neautohtone lokacije u Sjevernoj Americi.



Slika 4. Vrsta *Mytilopsis leucophaeata* (Izvor: URL 4)

M. leucophaeata uzrokuje veliku ekonomsku štetu industriji - stvara obraštaje, odnosno remeti hlađenje vodenih sustava industrijskih i energetske postrojenja. Idealno stanište za tu vrstu su cjevovodi rashladnog sustava elektrane jer pružaju savršene uvjete za rapidni rast, što u konačnici ometa rad i normalno funkcioniranje sustava. Njezina brza reprodukcija u takvom idealnom okruženju može dovesti do razvoja ekstremno gustih populacija koje začepljuju cijevi, sprečavajući strujanje vode te time mogu oštetiti ili uzrokovati kvar na sustavima. Konkretni primjeri takvog obraštaja poznati su iz Belgije, Finske i Nizozemske s gustoćom u rasponu od nekoliko desetaka tisuća do čak milijuna jedinki/m². *M. leucophaeata* također obrašta čamce, užadi, kaveze i drugu brodsku opremu te je u kompeticiji s drugim organizmima koji se hrane filtriranjem (Mackie i Claudi, 2009). Osim obraštanja, guste populacije *M. leucophaeata* mijenjaju ekosustave i vjerojatno imaju značajne ekološke učinke slične onima koje ima *D. polymorpha*, a koji zahtijevaju daljnja istraživanja. Zbog svega navedenog, bitno je rano otkrivanje i sprječavanje naseljavanja *M. leucophaeata*, osobito u industrijskim pogonima rashladnih sustava (URL 5).

3. PORODICA MYTILIDAE

3.1. *Limnoperna fortunei*

3.1.1. Ekološki učinci

Limnoperna fortunei (Dunker, 1857) (Sl. 5.) je nativna vrsta u rijekama i potocima Kine i jugoistočne Azije (URL 14). Godine 1991. slučajno je unesena balastnim vodama prekooceanskih brodova iz Azije u Argentinu i unutar deset godina proširila se na četiri susjedne zemlje Južne Amerike. Pojavom ove vrste došlo je do rapidnih promjena životnih zajednica pa ona predstavlja veliku prijetnju bioraznolikosti (Darrigan i Ezcurra de Drago, 2000).

L. fortunei s velikom brojnošću nastanjuje autohtone školjkaše (*Hyriidae* i *Mycetopodidae*), uzrokujući njihovo izgladnjivanje i gušenje, te u konačnici i uginuće. Od invazije, izmijenila se prisutnost i brojnost nekoliko vrsta autohtonih makrobeskralješnjaka, homogeniziralo se stanište i nekoliko vrsta riba promijenilo je svoju prehranu kako bi konzumirale velik broj ovih mekušaca. Utvrđena je sličnost između vrsta *Dreissena polymorpha* i *L. fortunei*, te se smatra da bi *L. fortunei* mogla imati čak i veći učinak na okoliš od *D. polymorpha*. Filtracijska aktivnost *L. fortunei* snažno utječe na stope mineralizacije nutrijenata, dostupnost kisika i stope sedimentacije. Visoke stope filtracije ove vrste mogu reducirati zalihe fitoplanktona i biomasu, potisnuti zooplanktonske populacije, biti uspješnije u kompeticiji za raspoloživu hranu sa autohtonim vrstama, povećati sedimentacijske stope i izmijeniti kruženje kontaminanata i nutrijenata (Garcia i Protogino, 2005).



Slika 5. Obraštaj vrste *Limnoperna fortunei* na autohtonom školjkašu Unionidae (Izvor: URL 6)

3.1.2. Učinci na industriju

Limnoperna fortunei ulazi u vodene sustave raznih postrojenja. U rijeci Paragvaj u Brazilu ona uzrokuje poremećaj cirkulacije vode i izaziva pregrijavanje motora. Također se nakuplja u opremi za opskrbu vodom, kao što su pumpe i cijevi u rijeci. Nedugo nakon što je *L. fortunei* dospjela u ušće rijeke Rio de la Plata (Argentina), njene populacije dosegle su gustoću od preko 150 000 m² u postrojenjima koja koriste vodu uglavnom u svrhu hlađenja, začepljujući cijevi, filtere, izmjenjivače topline i kondenzatore (Sylvester i sur., 2005).

4. PORODICA CORBICULIDAE

4.1. *Corbicula fluminea*

4.1.1. Ekološki učinci

Krupnorebrasta kotarica, *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) (Sl. 6.) je školjkaš koji je prvi put zapažen 1920. godine na obalama Pacifika, SAD. Pretpostavlja se da je došao brodovima kojima su plovili kineski imigranti, a u Europi ju je prvi uočio Mouthon 1981. godine (Sousa i sur., 2008). Prirodno stanište ovog školjkaša nalazi se u tropskim i suptropskim područjima Afrike, Azije, Malajskog arhipelaga, Filipina, Nove Gvineje i istočne Australije (Ciutti i Cappelletti., 2009). Razvija se uglavnom na fino zrnatom (pjeskovitom) supstratu, često na dubinama od 5 do 6 metara. Hrani se filtriranjem riječne vode (Pigneur i sur., 2011). Prema pojedinim autorima ova vrsta ima najveću neto produkciju u odnosu na bilo koju drugu vrstu slatkovodnih školjkaša. Ima visok fekunditet, ali nisku stopu preživljavanja juvenilnih jedinki te visoku stopu smrtnosti tijekom života (Sousa i sur., 2008).



Slika 6. Vrsta *Corbicula fluminea* (Izvor: URL 7)

Učinak Corbiculidae (pretežito kod njihovog odumiranja) na autohtone populacije školjkaša nije bio tako dramatičan kao u slučaju kod *Dreissena polymorpha*. Corbiculidae i autohtoni Unionidae u većini slučajeva koegzistiraju (Beaver i sur., 1991), ali poznati su i neki negativni učinci, u Virginiji i u Missouriju, gdje je nakon odumiranja *Corbicula* došlo do uginuća

autohtonih školjkaša. *Corbicula* tijekom truljenja otpušta amonijak i smanjuje otopljeni kisik u sedimentu te tako uzrokuje odumiranje populacija autohtonih školjkaša.

C. fluminea imala je slične ekološke učinke kao i *D. polymorpha*. *C. fluminea* se zbog visoke stope filtracije i velike gustoće populacija smatra glavnim potrošačem fitoplanktona. Smanjila je fitoplankton i koncentraciju klorofila 'a' u rijeci Potomac za 20-75 % (Cohen i sur., 1984). Došlo je do izmjene zooplanktonske zajednice povećavanjem brojnosti kopepoda i smanjivanjem brojnosti kolnjaka u nekim sustavima (Beaver i sur., 1991). *Corbicula* je značajno doprinijela ukupnoj respiraciji bentičke zajednice, pa tako i proizvodnji ugljičnog dioksida (Hakenkamp i sur., 2001).

4.1.2. Ekonomski učinci

Corbicula fluminea u Sjevernoj Americi najviše obrašta vodene rashladne sustave u elektranama na fosilna goriva ili u nuklearnim elektranama (McMahon, 1983). Do taloženja školjkaša dolazi tamo gdje se akumuliraju sedimenti, tipično u bunarima vode u ulaznim strukturama, kovitlacima koji nastaju na krajevima cjevovoda ili na t-spojevima i koljenima cijevi, sustavima za hitne situacije u kojima je smanjen protok vode ili na djelomično zatvorenim ventilima. Dolazi do povećanja stope sedimentacije i do smanjenja brzine toka što dovodi do povećane akumulacije sedimenta, mulja i pijeska, u koje se školjkaši zakopavaju. U Delta Mendota kanalu, Kalifornija, akumulacija sedimenta koju su izazvali Corbiculidae zahtijevala je uklanjanje vode i njihovo uklanjanje svake dvije godine. Jednom kada se nastane, mladi školjkaši rastu brzo i počinju zatvarati otvore koji imaju mali promjer, kao što su cijevi kondenzatora, pročišćivači i cjevovodi za zaštitu od požara. Isom (1986) je za ovu vrstu školjkaša procijenio godišnje troškove u SAD-u 1986. godine na jednu milijardu dolara, što je uključivalo troškove za kontrolu, zamjenu i popravke.

5. PORODICA AMPULLARIIDAE

5.1. *Pomacea canaliculata* i *Pomacea insularum*

5.1.1. Ekološki i poljoprivredni učinci

Pomacea canaliculata (Lamarck, 1819) u svom nativnom području, Argentini, ne predstavlja opasnost (Cazzaniga, 2006), ali u SAD-u, jugoistočnoj Aziji, Filipinima, Tajvanu, Japanu, Indoneziji, Vijetnamu, Kambodži i Šri Lanci, *Pomacea canaliculata* predstavlja veliku prijetnju za usjeve riže i taro biljke. Više od polovice (1,2 do 1,6 milijuna hektara) polja riže na Filipinima "zaraženo" je ovom vrstom. Troškovi za kontrolu puževa, presađivanje, te gubitak prinosa riže, pridonose velikom ekonomskom gubitku. Osim ovih troškova, drugi troškovi povezani su s oštećivanjem i funkcioniranjem ekosustava. Kao što uništavaju biljke, oni mogu vrlo lako ugroziti autohtone vrste životinja. *P. canaliculata* pronađena je u Arizoni i kontinentalnom dijelu SAD-a, međutim, studije su pokazale da ima potencijal za širenje na druge, još nezaražene dijelove svijeta, uključujući Indiju, Australiju i dijelove Kalifornije na kojima se uzgaja riža, gdje bi ovaj puž mogao izazvati ozbiljnu štetu i što bi uvelike utjecalo na bioraznolikost (Rawlings i sur., 2007).

Ova vrsta puža je također prijetnja ljudskom zdravlju. Može biti vektor za bolesti kao što je eozinofilni meningitis, koji uzrokuje oblič *Angiostrongylus cantonensis*. Bolest se dobiva jedenjem sirovih ili nedovoljno kuhanih puževa, igranjem sa zaraženim puževima, pijenjem soka od povrća ili jedenjem međudomadara kao što su škampi, rakovi, rakovice, žabe ili ribe. Osim toga, stvara iritaciju kože (tzv. "plivački svrbež") koji uzrokuju cercarije metilja roda *Echinostoma*, koje na taj način ulaze u tijelo čovjeka, a odrasli metilji uzrokuju crijevne probleme. Nuspojave pesticida kojima se tretira ova vrsta kod ljudi uključuju zamagljivanje vida i sljepoću, kožne probleme i gubitak noktiju (URL 8).

Pomacea insularum (D'Orbigny, 1839) može utjecati na strukturu makrofitskih zajednica i imati učinak na hranjive tvari i energiju strujanja u močvarama. Puževi ove vrste mogu isključiti autohtone puževe, prenijeti parazite te su prijetnja ugroženim vrstama (URL 9). *P. insularum* prouzrokuje ekološke i poljoprivredne učinke poput *P. canaliculata*. Dakle, obje vrste imaju značajan učinak na vodene ekosustave i predstavljaju prijetnju usjevima. *P. insularum* ima velik potencijal za širenje u dijelovima Alabame, Mississippija, Louisiane i Teksasa. Također,

predstavlja prijetnju za floridskog puža *Pomacea paludosa* kao i na vrste koje se oslanjaju na njega za prehranu (Rawlings i sur., 2007). Nedavne studije pokazale su da veličina oštećenja usjeva ovisi o tehnici rasta riže (Burlakova i sur. 2008). Puž oštećuje sadnice riže (Sl. 7.) u korelaciji s dubinom vode na terenu, a šteta se smanjuje što su sadnice starije. Porast sadnica u roku od dva do pet tjedana rezultirao je značajnim smanjenjem štete uzrokovane puževima (Burlakova i sur. 2008).



Slika 7. Hranjenje *Pomacea insularum* sadnicama riže (Izvor: URL 10)

5.1.2. Socio-ekonomski učinci

Razmjer štete koje ovi puževi uzrokuju na navodnjavanim usjevima riže ovisi o starosti usjeva, gustoći i dobnoj strukturi populacija puževa; puževi s visinom kućice manjom od 1,5-1,6 cm su premali da bi se hranili na mladim izdancima riže; odrasli puževi veći od 5 cm mogu pojesti 7 do 24 izdanaka riže na dan; broj pojedenih izdanaka je u pozitivnoj korelaciji sa visinom puževe kućice. Šteta se također povećava s gustoćom puževa. Puževi se obično ne hrane na biljkama riže kada nema stajaće vode pri dnu biljke; pod stalnim naplavljivanjem, šteta od puževa na sadnice riže bila je vrlo velika i ograničena na novopresadene sadnice (Watanabe i Ventura, 1990). Brz rast i reprodukcija puževa u navodnjavanim sustavima i poljima riže dovodi do populacijskih razina koje mogu uništiti cijele nasade usjeva. Istraživači još nisu otkrili biljku ili supstrat koji će učinkovito odvratiti *P. insularum* od polaganja jaja na usjeve, međutim,

Burlakova i sur. (2008) preporučuju obnovu močvarnih područja (gdje su prisutni "otoci" ovih puževa) sadnjom flore s niskim rizikom od oštećenja od puževa zbog lošijeg okusa (URL 9). Ograničenim uvjetima vlage može se imobilizirati i spriječiti puževe od nanošenja ozbiljne štete, čak i pri visokim gustoćama. Suho sijanje, koji koristi minimalnu količinu vode u ranim fazama rasta, smanjuje oštećenja puževa u odnosu na druge metode. Burlakova i sur. (2008) su utvrdili da će drenaža nakon sjetve značajno smanjiti štetu, i tri tjedna drenaže gotovo mogu spriječiti sve štete uzrokovane puževima.

Procjenjuje se da je na farmama riže u Aziji u 1998. godini na pesticide utrošeno 2,4 milijuna dolara troškova. Najdetaljnija objavljena ekonomska analiza do sada je ona za Filipine, gdje su farmeri potrošili 10 milijuna dolara na pesticide između 1987. i 1990. godine (Anderson, 1993), u to su uključeni ne samo troškovi gubitka riže, već i troškovi ponovnog sadenja, primjene pesticida i ručnog skupljanja puževa; ukupni troškovi u 1990. godini zbog infestacije *Pomacea* se projenjuju na 28-45 milijuna dolara, što je 25-40 % onoga što su Filipini potrošili na uvoz riže u 1990. godini (Vitousek i sur., 1996).

6. PORODICA BITHYNIIDAE

6.1. *Bithynia tentaculata*

6.1.1. Ekološki učinci

Nativno područje rasprostranjenosti slatkovodnog puža *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) (Sl. 8.) je Europa i zapadni dio Sibira. Kao i većina puževa, hrani se algama struganjem sa čvrste površine, no ono što ga čini različitom od drugih vrsta puževa je sposobnost filtriranja vode pomoću ktenidija. Nastanjuje područja sporijeg toka vode, koje je bogato kisikom i mineralnim tvarima. Najviše mu pogoduje muljeviti supstrat, ali se lako prilagodi i na kamenitu, odnosno pjeskovitu podlogu (Tashiro i Colman, 1982).



Slika 8. Vrsta *Bithynia tentaculata* (Izvor: URL 11)

Englesko ime vrste "faucet snail", u doslovnom prijevodu "puž iz slavine", potječe od njegove sklonosti da infestira komunalne vodoopskrbne sustave, od ulaznih cijevi do kućnih slavina u ranim 1900.-im godinama u Velikoj Britaniji. Sterki (1911) je opisao intenzivnu infestaciju u Erie, Pensilvanija, u tamošnjem vodoopskrbnom sustavu tako da su se "puna kola" puževa morala odstranjivati iz komunalnih vodoopskrbnih stanica. Ovaj puž ima veće stope rasta po respiratornoj jedinici nego većina Gastropoda zahvaljujući svojoj sposobnosti da se hrani filtriranjem, kao i suspenzijski (Tashiro i Colman, 1982). Brendelberger i Jurgens (1993) primijetili su povećanje u suspenzijskom hranjenju s porastom koncentracije hrane do određene

razine iznad koje je stopa hranjenja ostala konstantna smanjivanjem stope filtracije. Suspenzijsko hranjenje se također povećavalo s rastom puža.

Poznati su primjeri smanjenja brojnosti dvije autohtone vrste, *Elimia virginica* i *E. livescens* u Erie kanalu zbog invazije ovih puževa te smanjenje za 15 % u bogatstvu vrsta rakova u Oneida jezeru između 1917. i 1968. godine, nakon dolaska *B. tentaculata*. Vrlo je vjerojatno da su učinci na brojnost i raznolikost autohtonih vrsta puževa jedna od posljedica sposobnosti *B. tentaculata* da se "prebacuje" između dva oblika hranjenja. U Oneida jezeru, nakon kolonizacije *Dreissena polymorpha* smanjila se gustoća populacija ove vrste kao i ukupna brojnost rakova. Slično se dogodilo u jezeru Ontario između 1983. i 2000. godine (Haynes i sur., 2005).

6.1.2. Socio-ekonomski učinci

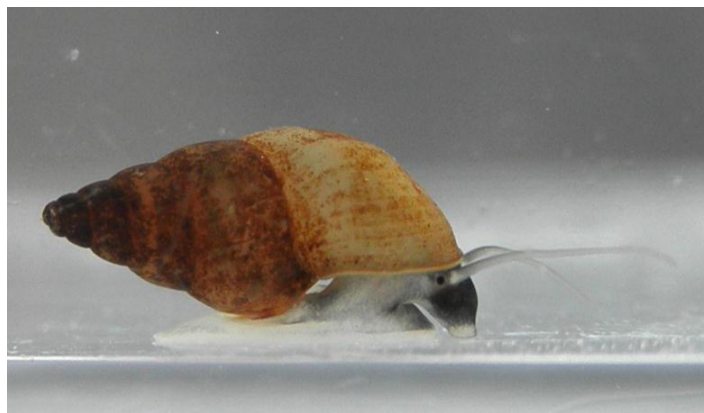
U svom nativnom euroazijskom staništu *Bithynia tentaculata* je domaćin mnogim vrstama metilja, trakavica i drugih parazita čije se ličinke (redije, cercarije, metacercarije, cistocerkoidi) razvijaju upravo u ovoj vrsti puža. Velika izumiranja vodenih ptica svakoga proljeća i jeseni od 2002. godine na jezeru Onalaska, pripisuju se infekciji dvama parazitima, metiljima *Cyathocotyle bushiensis* i *Sphaeriditrema globulus* koje prenosi ovaj puž (Sauer i sur., 2007). Ovo područje važno je za migracije ptica te se procjenjuje da njime prolazi 40 % migracija ptica močvarica na sjevernoameričkom kontinentu. Za vrijeme proljetne migracije 2006. godine, procjenjuje se da je uginulo 22 000 do 26 000 ptica, uglavnom *Aythya affinis* i *Fulica americana*, ali i druge vrste ptica močvarica (Sauer i sur., 2007).

7. PORODICA HYDROBIIDAE

7.1. *Potamopyrgus antipodarum*

7.1.1. Ekološki učinci

Novozelandski glibnjak, *Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843) (Sl. 9.) je autohtona vrsta u Novom Zelandu odakle se proširila, najvjerojatnije zbog nesvjesne ljudske intervencije, u Australiju, Europu i Sjevernu Ameriku. Vrsta nastanjuje širok raspon ekosustava uključujući rijeke, akumulacije, jezera i ušća. Biljojedi, kao ovaj puž, iznimno su učinkoviti primarni konzumenti u vodenim ekosustavima - konzumiraju velike količine perifitona, koji je glavni izvor primarne produkcije u rijekama (Hall i sur., 2003) i eksploatacijski se natječu za perifiton s ostalim beskralježnjacima i detritivorima koji se nalaze pri dnu akvatičkih hranidbenih mreža. Redukcija biomase perifitona negativno utječe na ostale beskralježnjake i ima širok raspon učinaka na procese u ekosustavima rijeka u kojima dominira interakcija od dna prema gore (Winterbourn i Fegley, 1989). Pri tome mogu uspostaviti izuzetno guste populacije, gustoće veće od 500 000 m² i nadjačati ili istisnuti autohtone mekušce (naročito vrste koje su u opasnosti i ugrožene) koje su same po sebi već rijetke, zauzimajući im prostor za prijanjanje (Riley, 2003), čime mijenjaju dinamiku ekosustava i primarnu proizvodnju. Brzo se šire u novom području i mogu izdržati velike varijacije u temperaturi. Velika konkurentna sposobnost, visoke stope razmnožavanja i sposobnost bježanja predatoru čine ga znatnim kolonizatorom sposobnim uspostavljanju obilnih populacija sa značajnim učincima na ekosustave (URL 12). Posljedice *P. antipodarum* slične su izuzetno problematičnoj vrsti *D. polymorpha*. Hall i sur. (2003) smatraju da kada su gustoće populacija i biomasa visoki, ovi puževi izlučuju velike količine amonijaka, što mijenja kruženje nutrijenata i procesa u ekosustavima rijeka. Vjeruju da velike gustoće populacija *P. antipodarum* čine velike izvore CO₂ tako što precipitiraju kalcijev bikarbonat u kalcijev karbonat kako bi napravili svoje kućice, što bi također moglo izmijeniti i krug ugljika.



Slika 9. Vrsta *Potamopyrgus antipodarum* (Izvor: URL 13)

7.1.2. Socio-ekonomski učinci

U svom prirodnom staništu ovi puževi ne predstavljaju problem jer paraziti, koji steriliziraju mnoge puževe, održavaju populaciju na prihvatljivom broju. Poznato je da nekoliko vrsta metilja parazitira na ovoj vrsti i koriste ih kao prijelazne domaćine. Postoji zabrinutost da bi velike gustoće populacija *P. antipodarum* mogle dovesti do biozagađenja u postrojenjima infestiranim ovom vrstom (Zaranko i sur., 1997). Jedinke vrste *P. antipodarum* pojavljuju se u slavinama kućanstava, prolaze kroz vodovodne cijevi i blokiraju ih (Zaranko i sur., 1997). Pri velikim gustoćama populacije postoji mogućnost za obraštanje, naročito u irigacijskim sustavima u sušnim područjima.

Kako bi se spriječila invazija ove vrste provode se mjere kontrole i upravljanja, kao što su: nadziranje distribucije širenja puževa da bi se utvrdilo jesu li osjetljive lokalne vrste izložene riziku, provođenje istraživanja i razvoja metodologije kako bi se spriječilo daljnje širenje, dodatni nadzor za ugrožene vrste u okviru invazije *P. antipodarum*, osiguranje da objekti (kao što su mrijestilišta ribe) ne djeluju kao vektori, uvođenje uvjeta za aktivnosti poput održavanja kanala te dodatnih materijala za agencijsko osoblje, istraživače, nadzornike i konzultante. Sve navedeno zahtjeva mnogo financijskih sredstava koji su utrošeni, ili će biti utrošeni, za zaštitu od ove vrste.

8. ZAKLJUČAK

Invazivne vrste jedna su od najvećih prijetnji bioraznolikosti. Osim što destruktivno djeluju na stanište i mijenjaju postojeću faunu, uzrokuju i trajne promjene ekosustava. Slatkovodni školjkaš o kojemu se najviše govori kada je riječ o invazivnim vrstama je *Dreissena polymorpha*. Ona je, ponajviše putem balastnih voda, proširila svoj areal te se zahvaljujući sposobnosti pričvršćivanja na čvrste podloge, slobodno plivajućoj ličinki i velikom fekunditetu tijekom zadnja dva stoljeća proširila vodenim ekosustavima cijele Europe i Sjeverne Amerike. Osim te invazivne vrste, po svojim brojnim nepoželjnim ekološkim i socio-ekonomskim učincima poznate su i još neke invazivne vrste mekušaca poput: *Bithynia tentaculata*, *Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*, *Mytilopsis leucophaea*, te vrste roda *Pomacea*.

Kao i ostale europske zemlje, Hrvatska ima sve više problema s invazivnim stranim vrstama. Zadnjih desetljeća znanstvenici su se počeli intenzivnije baviti problemom unesenih vrsta, a posebno treba istaknuti veliki europski međudržavni projekt DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe). Ovim projektom je na području Europe zabilježeno više od 11 000 stranih vrsta od kojih je izdvojeno "100 najgorih", a među njima su mnoge prisutne i u Hrvatskoj.

Kako bi se spriječilo daljnje širenje invazivnih vrsta primjenjuju se biološke, kemijske i fizičke metode kontrole. U budućnosti bi trebalo razviti i primijeniti adekvatne mjere kontrole i zaštite, kao što su: ustanoviti rasprostranjenost prisutnih invazivnih vrsta i istražiti brzine njihova širenja, smanjiti njihov negativni učinak na autohtonu faunu, otkriti nove invazivne vrste i primjenom potrebnih mjera usporiti i nadzirati njihovo rasprostiranje, uspostaviti suradnju s istraživačima susjednih država kako bi se uskladilo djelovanje na rješavanju zajedničkog problema i osvijestiti stanovništvo o učincima invazivnih vrsta. Bez povećanog i neposrednog djelovanja, invazivne vrste mogle bi izazvati nepopravljivu ekološku štetu i dugoročne troškove.

9. LITERATURA

- Anderson, 1993. The Philippine snail disaster. *The Ecologist* **23**: 70-72.
- Baker, S. i Hornbach, D., 1997. Acute physiological effects of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) infestation on two unionid mussels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **54**: 512-519.
- Beaver, R. J., Crisman, T. L. i Brock, J. R., 1991. Grazing effects of an exotic bivalve (*Corbicula fluminea*) on hypereutrophic lake water. *Lake and Reservoir Management* **7**: 45-51.
- Binnie, N. E., Engelbert, P., Murdocka, L. D. i Moore, D., 2000. "Shipwrecks, archaeology and zebra mussels: is mussel attachment a threat to our submerged cultural resources?" U: *Proceedings of the 10th International Aquatic Nuisance Species and Zebra Mussel Conference*, Toronto, Ontario, pp. 121-131.
- Birnbaum, C., 2011. NOBANIS - Invasive Alien Species Fact Sheet - *Dreissena polymorpha*. From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species - NOBANIS www.nobanis.org.
- Bouchet, P., 2007. Inventorying the molluscan fauna of the world: How far to go? U: Jordaens, K., van Houtte, N., Van Goethem, J., Backeljau, T. (ur.) *Abstracts of the World Congress of Malacology*, Antwerp, Belgium.
- Brendelberger, H. i Jurgens, S., 1993. Suspension feeding in *Bithynia tentaculata* (Prosobranchia, Bithyniidae), as affected by body size, food, and temperature. *Oecologia* **94**: 36-42.
- Burlakova, L. E., Karatayev, A. Y., Padilla, D. K., Cartwright, L. D. i Hollas, D. N., 2008. Wetland Restoration and Invasive Species: Apple snail (*Pomacea insularum*) Feeding on Native and Invasive Aquatic Plants. *Restoration Ecology* **16**: 1-8.
- Caraco, N., Cole, J., Raymond, P., Strayer, D., Pace, M., Findlay, S. i Fischer, D., 1997. Zebra mussel invasion in a large turbid river: Phytoplankton response to increased grazing. *Ecology* **78**: 588-602.

- Cazzaniga, N. J., 2006. *Pomacea canaliculata*: harmless and useless in its natural realm (Argentina). U: Global advances in the ecology and management of Golden Apple Snails. Joshi, R. C. i Sebastian, L. S. (ur.), pp. 37-60., Nueva Ecija, Philippine Rice Research Institute Philippines.
- Ciutti, F. i Cappelletti, C., 2009. First record of *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) in Lake Garda (Italy), living in sympatry with *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). *Journal of Limnology* **68**: 162-165.
- Claudi, R. i Mackie, G. L., 1994. Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis publishers, Boca Raton, Florida, pp. 227.
- Cohen, R. R. H., Dresler, P. V., Phillips, E. J. P. i Cory, R. L., 1984. The effect of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea* on phytoplankton of the Potomac River, Maryland. *Limnology and Oceanography* **29**: 170-180.
- Cuomo, C. i Zinn, G. A., 1995. Benthic Invertebrates of the Lower West River. Interdisciplinary Restoration. *Forestry and Environmental Studies* **100**: 152-161.
- Darrigan, G. i Ezcurra de Drago, 2000. Invasion of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus* **2**: 69-74.
- Garcia, M. L. i Protogino, L. C., 2005. Invasive freshwater mollusc are consumed by native fishes in South America. *Journal of Applied Ichthyology* **21**: 34-38.
- Griffits, R. W., Schloesser, D. W., Leach, J. H. i Kovalak, W. P., 1991. Distribution and Dispersal of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes Region. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48**: 1381-1388.
- Gaygusuz, O., Gaygusuz, C. G., Tarkan, A. S., Acipinar, H. i Turer, Z., 2007. Preference of Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha* in the diet and effect on growth of gobiids: A comparative study between two different ecosystems. *Ekoloji* **17**: 1-6.
- Haag, W., Berg, D., Garton, D. i Farris, J., 1993. Reduced survival and fitness in native bivalves in response to fouling by the introduced zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**: 13-19.

- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A. i Sertić Perić, M., 2011. Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata. Strukture i funkcije. ALFA, Zagreb, pp. 264-267.
- Hakenkamp, C. C. i Vaughn, C. C., 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology* **46**: 1431-1446.
- Hall, R. O., Tank, J. L. i Dybdahl, M. F., 2003. Exotic snails dominate carbon and nitrogen cycling in a highly productive stream. *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**: 408-411.
- Haynes, J. M., Tisch, N. A., Mayer, C. M. i Rhyne, R. S., 2005. Benthic macroinvertebrate communities in southwestern Lake Ontario following invasion of *Dreissena* and *Echinogammarus*: 1983 to 2000. *Journal of the North American Benthological Society* **24**: 148-167.
- Hebert, P., Wilson, C., Murdoch, M. i Lazar, R., 1991. Demography and ecological impacts of the invading mollusc *Dreissena polymorpha*. *Canadian Journal of Zoology* **69**: 405–409.
- Hebert, P. D. N., Muncaster, B. W., Mackie, G. L., 1989. Ecological, and genetic studies on *Dreissena polymorpha* (Pallas): A new mollusc in the Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **46**: 1587-1591.
- Idrisi, N., Mills, E. L., Rudstam, L. G. i Stewart, D. J., 2001. Impact of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on the pelagic lower trophic levels of Oneida Lake, New York. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**: 1-12.
- Isom, B. G., 1986. Historical review of Asiatic clam (*Corbicula*) invasion and biofouling of waters and industries in the Americas. *American Malacological Bulletin* **2**: 1-6.
- Khan A. N., Kamal D., Mahmud M. M., Rahman M. A. i Hossain M. A., 2007. Diversity, distribution and abundance of benthos in Mouri River, Bangladesh. *International Journal of Sustainable Crop Production* **2**: 19-23.

- Lajtner J., Marušić Z., Klobučar G. I. V., Maguire I. i Erben R., 2004. Comparative shell morphology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the Drava River (Croatia). *Biologia*, Bratislava **59**: 595-600.
- Leach, J. H., 1993. Impacts of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on water quality and fish spawning reefs in western lake Erie. U: Zebra mussels: Biology, impacts and control. Nalepa, T. F. i Schloesser, D. W., (ur.), pp. 381-397.
- Mackie, G. i Claudi, R., 2009. Monitoring and Control of Macrofouling Mollusks in Fresh Water Systems, Second Edition, CRC Press, pp. 265-286.
- Mackie, G., 1991. Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia* **219**: 251-268.
- Marguš, D., 1998. Školjkaši ušća rijeke Krke. Šibenik: Javna ustanova "Nacionalni park Krka", 1998., Grafoplast, Zagreb, pp. 9-13.
- Matoničkin, I., Habdija, I. i Primc Habdija, B., 1999. Beskralješnjaci: biologija viših avertebrata. Školska knjiga, Zagreb, pp. 480-526.
- McMahon, R. F., 1983. Ecology of an invasive pest bivalve, *Corbicula*. U: The Mollusca 6: Ecology. Russell-Hunter, W. D. (ur.). Academic Press, New York, pp. 360-430.
- Nalepa, T. F. i Schloesser, D. W., 1992. Zebra mussels: Biology, impacts and control. Boca Raton, Florida: Lewis publishers, pp. 810.
- Nalepa, T. F. i Gauvin, J. M., 1988. Distribution, abundance, and biomass of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) in Lake St. Clair. *Journal of Great Lakes Research* **14**: 411-419.
- O'Neill, Jr. C. R., 1997. Economic impact of zebra mussels - results of the 1995 National zebra mussel Information Clearinghouse Study. *Great Lakes Research Review* **3**: 35-44.
- Pigneur L. M., Marescaux J., Roland K., Etoundi E., Descy J. P., van Doninck K., 2011. Phylogeny and androgenesis in the invasive *Corbicula* clams (Bivalvia, Corbiculidae) in Western Europe. *Evolutionary Biology* **11**: 147.

- Platvoet D., Dick J. T. A., MacNeil C., van Reil M. C. i van der Velde G., 2009. Invader-invader interactions in relation to environmental heterogeneity leads to zonation of two invasive amphipods, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky) and *Gammarus tigrinus* Sexton: amphipod pilot species project (AMPIS). *Biological Invasions* **11**: 2085-2093.
- Pyšek, P. i Richardson, D. M., 2010. Invasive species, environmental change and management, and ecosystem health. *Annual Review of Environment and Resources* **35**: 25-55.
- Rawlings, T. A., Hayes, K. A., Cowie, R. H. i Collins, T. M., 2007. The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the continental United States. *BMC Evolutionary Biology* **7**: 97.
- Ricciardi, A., Whoriskey, F. i Rasmussen, J., 1998. The role of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in structuring macroinvertebrate communities on hard substrata. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **54**: 2596-2608.
- Riley, L. A., 2003. Exotic species impact: Exploitative competition between stream snails. M.S. Thesis, Washington State University, Pullman, Washington, USA.
- Sauer, J. S., Cole, R. A. i Nissen, J. M., 2007, Finding the exotic faucet snail (*Bithynia tentaculata*): Investigation of waterbird die-offs on the Upper Mississippi River National Wildlife and Fish Refuge: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007–1065.
- Schloesser, D., Nalepa, T. i Mackie, G., 1996, Zebra mussel infestation of unionid bivalves (Unionidae) in North America. *American Zoologist* **36**: 300-310.
- Sousa, R., Antunes, C. i Guilhermino, L., 2008. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* **44**: 85-94.
- Sterki, V., 1911. Civilization and snails. *The Nautilus* **24**: 98-101.
- Strayer, D. L., Caraco, N. F., Cole, J. J., Findlay, S. i Pace, M. L., 1999. Transformation of Freshwater Ecosystems by Bivalves. *BioScience* **49**: 19-27.

- Strayer, D. i Smith, L., 1996. Relationships between zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and unionid clams during the early stages of the zebra mussel invasion of the Hudson River. *Freshwater Biology* **36**: 771–779.
- Sylvester, F., Dorado, J., Boltovskoy, D., Juárez, A. i Cataldo, D., 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. *Hydrobiologia* **534**: 71–80.
- Tashiro, J. S. i Colman, S. D., 1982. Filter-feeding in the Freshwater Prosobranch Snail *Bithynia tentaculata*: Bioenergetic Partitioning of Ingested Carbon and Nitrogen. *American Midland Naturalist* **107**: 114-132.
- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmanek, M. i Westbrooks, R., 1996. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* **21**: 1-16.
- Watanabe, I. i Ventura, W., 1990. Management practices to control golden apple snail (*Pomacea* sp.) in lowland rice. *International Rice Research Newsletter* **15**: 33.
- Watzin, M. C., Cohn, A. B., Emerson, B. P., 2001. Zebra mussels, shipwrecks and the environment, Final report, "Lake Champlain Maritime Museum and University of Vermont, School of Natural Resources", pp. 55.
- Winterbourn, M. J. i Fegley, A., 1989. Effects of nutrient enrichment and grazing on periphyton assemblages in some spring-fed, South Island streams. *New Zealand Natural Sciences* **16**: 57-65.
- Zaranko, D. T., Farara, D. G. i Thompson, F. G., 1997. Another exotic mollusc in the Laurentian Great Lakes: the New Zealand native *Potamopyrgus antipodarum* (Gray 1843) (Gastropoda, Hydrobiidae). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **54**: 809-814.

- URL 1 <http://www.dzzp.hr/vrste/alohtone-i-invazivne-vrste/strane-invazivne-vrste-865.html>, pristupljeno 13.07.2015.
- URL 2 http://www.invazivnevrste.hr/?page_id=127, pristupljeno 13.07.2015.
- URL 3 <http://www.invadingspecies.com/invaders/invertebrates/zebra-and-quagga-mussels/>, pristupljeno 21.07.2015.
- URL 4 <http://www.marylandbiodiversity.com/viewSpecies.php?species=15933>, pristupljeno 21.07.2015.
- URL 5 <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=707>, pristupljeno 02.08.2015.
- URL 6 <http://fundacionwilliams.org.ar/wp-content/uploads/Limnopena-6.jpg>, pristupljeno 02.08.2015.
- URL 7 <http://www.aquaportail.com/aquabdd/photos/corbicula-fluminea.jpg>, pristupljeno 02.08.2015.
- URL 8 http://www.columbia.edu/itc/cerc/danoff-burg/invasion_bio/inv_spp_summ/Pomacea_canaliculata.html, pristupljeno 17.08.2015.
- URL 9 <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1712>, pristupljeno 25.08.2015.
- URL 10 <http://geographyfieldwork.com/EbroDeltaAppleSnailInvasion.htm>, pristupljeno 25.08.2015.
- URL 11 http://www.acremar.it/Articoli/Mondo_sommerso/Bithynia_tentaculata.jpg, pristupljeno 06.09.2015.
- URL 12 <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=449>, pristupljeno 06.09.2015.
- URL 13 <https://gastropods.files.wordpress.com/2014/10/potamopyrgus-antipodarum.png>, pristupljeno 13.9.2015.
- URL 14 <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=416&fr=1&sts=sss&lang=EN>, pristupljeno 13.09.2015.

10. SAŽETAK

Širenje invazivnih vrsta danas predstavlja jedan od glavnih uzroka gubitka biološke raznolikosti u svijetu. U ovom radu opisane su štetne posljedice invazivnih vrsta mekušaca, školjkaša i puževa, za autohtone vrste, stanište i ekosustav u cjelini. U pogledu ekoloških i socio-ekonomskih učinaka, *Dreissena polymorpha* spominje se kao jedna od najrazornijih vrsta u vodenim ekosustavima. Uzrokuje brojne nepovoljne učinke poput ugibanja autohtonih školjkaša, promjene kvalitete vode, izmjene strukture bentosa, obraštanja plovila i cjevovoda. Osim nje, opisane su još tri vrste invazivnih školjkaša: *Mytilopsis leucophaea* svojim obraštajima uzrokuje veliku štetu industriji, *Limnoperna fortunei* djeluje pogubno na autohtone školjkaše, reducira zalihe fitoplanktona i zagađuje vodene sustave raznih postrojenja. *Corbicula fluminea* ima slične ekološke učinke kao *D. polymorpha* - negativno utječe na autohtone Unionidae i zbog visokih stopa filtracije reducira fitoplankton te obrašta rashladne sustave u elektranama. Četiri vrste puževa također se navode kao vrste sa štetnim učincima: *Pomacea canaliculata* i *P. insularum* osim što mogu ugroziti autohtone vrste, uništavaju usjeve riže čime pridonose velikom ekonomskom gubitku tog područja te osim toga mogu biti vektori za bolesti i ugrožavati ljudsko zdravlje. *Bithynia tentaculata* infestira vodoopskrbne sustave, reducira brojnost nativnih vrsta i prenosi metilje koji infestiraju i ubijaju ptice močvarice. *Potamopyrgus antipodarum* svojim gustim populacijama istiskuje autohtone mekušce i mijenja primarnu proizvodnju, što ima znatne učinke na ekosustav. Jedan od najvećih problema u suzbijanju širenja invazivnih vrsta je kasno otkrivanje štetnih učinaka nakon introdukcije, stoga je važno na vrijeme otkriti potencijalno invazivne vrste i primijeniti metode smanjivanja njihovog negativnog učinka na autohtonu faunu.

11. SUMMARY

The spread of invasive species represents one of the main causes of biodiversity loss in the world. This work describes the harmful effects of invasive molluscs, bivalves and snails, for native species, habitat and ecosystem as a whole. In terms of environmental and socio-economic effects, *Dreissena polymorpha* is one of the most destructive species in aquatic ecosystems. It causes numerous adverse effects such as deflection of indigenous bivalves, water quality changes, changes in the structure of benthos and fouling vessels and pipelines. Three other species of invasive bivalves have been described: *Mytilopsis leucophaeata* whose fouling causes great harm to the industry, *Limnoperna fortunei* who has detrimental acts to the indigenous bivalves, reducing stocks of phytoplankton and polluting the water systems of various plants. *Corbicula fluminea* has similar environmental effects as *D. polymorpha* - a negative impact on indigenous Unionidae, by reducing phytoplankton because of the high rate of filtration and by fouling cooling systems in power plants. Four species of snails are also referred as species of harmful effects: *Pomacea canaliculata* and *P. insularum*, by threatening native species and destroying rice crops, which contribute to large economic loss of the area, and in addition can be vectors of disease and endanger human health. *Bithynia tentaculata* infests water supply systems, reduces the number of native species and transmits trematodes that infest and kill waterfowl. *Potamopyrgus antipodarum* supersedes native bivalves and changes primary production with dense populations, which has significant effects on the ecosystem. One of the biggest problems in combating the spread of invasive species is late detection of harmful effects after the introduction, and therefore it is important to early detect the potentially invasive species and to apply the methods of reducing their negative impact on the indigenous fauna.